Una historia de las teorías cosmológicas

Jorge Paruelo y Hernan Miguel

Cosmologías antiguas

El geocentrismo

Desde que el hombre se interesó en mirar hacia el cielo con curiosidad, comenzó a imaginar cómo sería el universo; a formular cosmologías, teorías que intentan explicar cómo es el universo y por qué vemos los astros en el cielo de la manera como los vemos.

Si queremos revisar la historia de las cosmologías un buen comienzo es hacerlo por los griegos. Esto no quiere decir que antes no haya habido descripciones del universo con rasgos de lo que hoy consideramos que es una cosmología[1]. Sin embargo, por su relevancia histórica dentro de la ciencia occidental, nuestro relato comienza en la cosmología de Aristóteles, presentada en el siglo IV a.C.

¿Cómo es el universo imaginado por Aristóteles?

Es un conjunto de esferas concéntricas sobre las cuales están montados los astros. Entre ellas existe una sustancia llamada éter. En el centro del juego de esferas se encuentra la Tierra, inmóvil. Sobre la esfera más próxima al centro está montada la Luna y más allá, las esferas donde se localizan los seis planetas restantes de los siete conocidos hasta ese momento (la Luna era considerada un planeta): Mercurio, Venus, Marte, Júpiter, Saturno y el Sol.
La última de las esferas, la exterior, es la de las estrellas fijas, sobre la que están montadas las estrellas que no cambian de posición, unas respecto de las otras, al observarlas desde la Tierra. Esta esfera es, además, la que transmite el movimiento a todas las esferas interiores. Al moverse “arrastra" a la esfera siguiente, aunque no le transmite el mismo movimiento que tiene ella, sino que la nueva esfera puede tener una rotación diferente.

Aristóteles supuso que esta configuración se mantenía así eternamente, es decir que no habría cambios hacia el futuro infinito ni hacia el pasado también eterno.

Junto con esta cosmología, Aristóteles formuló una teoría física que se articula correctamente con su descripción del universo. Su física sostiene que hay diferencias entre lo que ocurre por debajo de la esfera de la Luna y lo que ocurre fuera y sobre ella. Hay, para Aristóteles, una física sublunar (hacia adentro) y una física celeste o de las esferas (hacia afuera). En la región sublunar (que no incluye a la Luna) se encuentra la Tierra, por lo que la física de nuestra morada no es la del resto del universo. Una de las diferencias es que en el mundo celeste no hay cambios, no varía el movimiento de los astros ni se producen modificaciones en los astros mismos. Dentro de la esfera sublunar, sí hay cambios tales como tormentas, terremotos, plantas que crecen o personas que caminan.

La física de Aristóteles no se agota en lo que enunciamos acá, pero por ahora sólo agregaremos una hipótesis más. Para Aristóteles no existe el vacío en el universo. Esto hace que, en su cosmología, conciba un universo finito que, como ya dijimos, termina en la esfera de las estrellas fijas. Es difícil imaginar un universo materialmente compacto e infinito ya que requeriría que la materia en el universo fuera infinita. Esto ilustra en qué medida la física y la cosmología aristotélicas se relacionan, las hipótesis de una y otra teoría no sólo no se

[1] Muchas descripciones antiguas responden a lo que hoy llamamos cosmogonías, relatos según los cuales los fenómenos naturales y el Universo son producto de acciones de seres sobrenaturales. Nuestro interés está centrado en aquellas descripciones que no remiten a entidades no naturales.

contradicen, sino que se articulan entre ellas y permiten forjar una imagen coherente del universo.

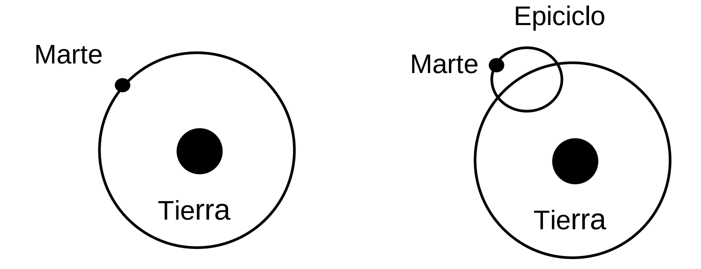
La cosmología aristotélica brindaba una descripción cualitativa del Universo, pero aún faltaba un recurso matemático que permitiera realizar predicciones sobre la ubicación de los planetas en las distintas épocas del año.

Esta parte de la cosmología geocéntrica, así llamada por postular que la Tierra es el centro del universo, la sintetizó Ptolomeo en el siglo II de nuestra era, tomando algunas propuestas previas y agregando sus propios aportes.

Una versión simplificada del sistema tolemaico (por Ptolomeo) sitúa a los planetas describiendo órbitas circulares alrededor de la Tierra. Es decir que, si mirásemos un planeta, Marte, por ejemplo, desde la Tierra y ubicásemos su posición en el cielo noche tras noche (siempre a la misma hora), veríamos que al unir las posiciones después de un año de observaciones obtendríamos una circunferencia centrada en la Tierra. Esto sería lo que se esperaría ver si se sigue la teoría tolemaica simplificada tal como la formulamos. Sin embargo, al revisar los datos obtenidos mediante observaciones, se ve que algunos de los planetas, (Marte es un caso) en cierto lapso dejan de avanzar sobre la órbita prevista y retroceden un poco, para retomar luego el movimiento original. Esto se conoce como retrogradación de los planetas.

Para dar cuenta de estas observaciones y describir la versión de Ptolomeo, la teoría que formulamos antes requiere algunos cambios, aunque sin abandonar la idea de circularidad como movimiento natural de los astros en la región celeste. En la nueva versión, Marte describe una órbita circular cuyo centro, a su vez, recorre una circunferencia alrededor de la Tierra (ver figura). Estas nuevas órbitas, más pequeñas, se llaman epiciclos.

Para otros planetas se vio obligado a incluir otros mecanismos que hicieron que la teoría predijera las posiciones de estos astros con bastante exactitud. De esta manera Ptolomeo resolvió, con bastante buena aproximación, el problema de los planetas[2] y los cálculos coincidieron, regularmente bien, con las observaciones. La teoría de Ptolomeo requería, sin embargo, modificaciones periódicas pues con el correr del tiempo las observaciones diferían cada vez en mayor medida de la predicción teórica.



En la figura de la izquierda se observa la órbita circular del sistema simplificado. En la de la derecha se observa a Marte que recorre el epiciclo, cuyo centro recorre la órbita original.

[2] En el capítulo siguiente se verá algún detalle acerca del problema de los planetas. Sólo digamos acá que es describir cómo se mueven esos astros en el cielo.

El heliocentrismo

Catorce siglos después de Ptolomeo, en 1543, es publicado un libro: *Sobre la revolución de las esferas celestes*, escrito por el canónigo polaco Nicolás Copérnico, quien muere el mismo año de la publicación.

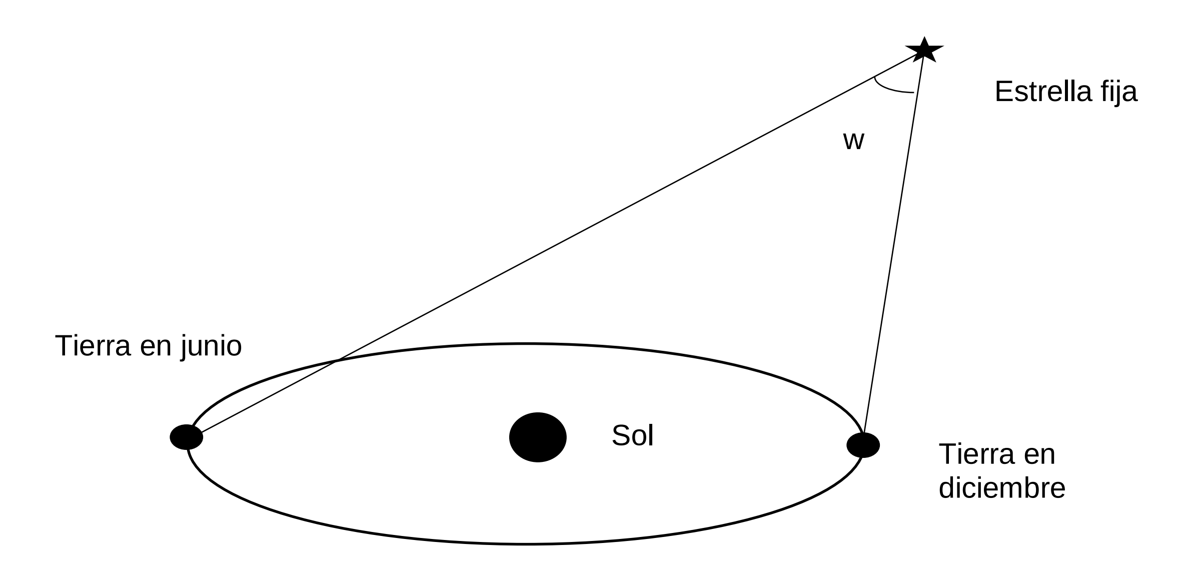
En este libro Copérnico describe un modelo planetario distinto del geocéntrico. Sostiene que el Sol es el centro del universo y que los planetas describen órbitas circulares alrededor de él. La Tierra es ahora un planeta más que, además de trasladarse alrededor del Sol, al igual que los demás planetas (Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno), rota sobre sí mismo. Este movimiento de rotación sobre su eje explica la sucesión del día y la noche, mientras que la traslación explica el movimiento aparente de los astros (y también las retrogradaciones observadas en los planetas).

Esta sencilla descripción del universo tuvo sus inconvenientes, cosa que se encargaron de remarcar los defensores del geocentrismo.

El primer problema que se presentó fue que los cálculos realizados por Copérnico para las posiciones de los planetas no coincidían con las observaciones mucho mejor que el primer modelo simplificado de raíz tolemaica que describimos y sí peor que el segundo, el de Ptolomeo. Copérnico intentó resolver las dificultades mediante epiciclos con relativo éxito, pero hubo que esperar algunos años, hasta el año 1609, para que la dificultad se resolviera satisfactoriamente. La respuesta la dio Johannes Kepler, quien sostuvo que las órbitas que describían los planetas alrededor del Sol no eran circulares sino elípticas.

Otro de los problemas que debió enfrentar la nueva teoría era que el ángulo de paralaje estelar que se observaba era de cero grados. Si la Tierra describe un movimiento circular (o elíptico) anual alrededor del Sol, en diciembre y en junio se encuentra en puntos diametralmente opuestos de su órbita. Si se observa la estrella E en diciembre, llegado junio la dirección de observación de esa misma estrella no debería ser la misma ya que la Tierra cambió de posición. Entre ambas direcciones de observación debería formarse un cierto ángulo w como se indica en la figura. Este ángulo es el llamado “ángulo de paralaje estelar”. La existencia de este ángulo se desprende de la teoría de Copérnico. Sin embargo, cuando los astrónomos de la época medían ese ángulo registraban siempre el mismo valor, cero grados. Recién en el año 1838 se pudo observar que la medida de ese ángulo no era de cero grados. Hoy sabemos que los astrónomos de la época no estaban en condiciones técnicas de medirlo ya que ese ángulo es muy pequeño y no disponían en la época de Copérnico de otro instrumento que no fueran los propios ojos. Lo que sí sostuvieron en aquella época es que no detectaban el ángulo de paralaje por ser la distancia a las estrellas muy grande comparada con el diámetro de la órbita terrestre[3].

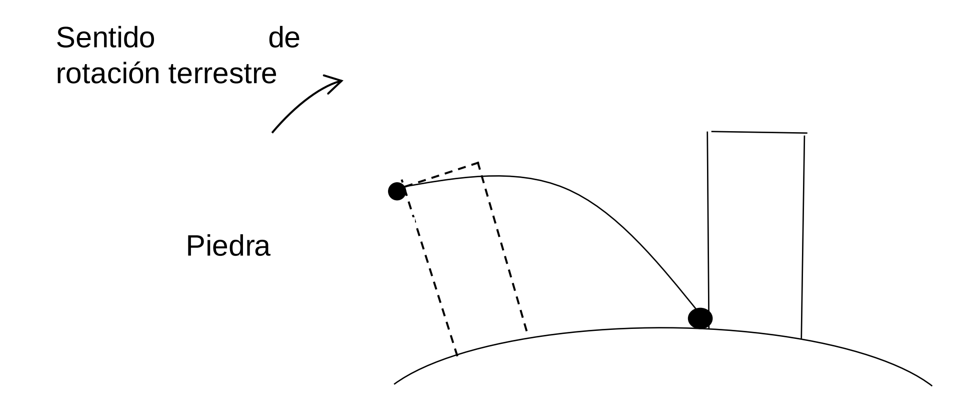
[3] La dificultad de observar el ángulo de paralaje es similar a lo que ocurre cuando vemos en la ruta una única luz lejana que se acerca por la mano contraria. A medida que se acerca empezamos a distinguir los dos faros del auto. Esto es porque inicialmente la distancia entre faros es muy pequeña comparada con la distancia a la que nos encontramos del auto y nuestro ojo no puede distinguir ángulos tan pequeños.



En la figura se observan las direcciones de observación de la estrella en junio y diciembre. El ángulo que forman, w, es el ángulo de paralaje.

Hasta aquí las teorías sobre el movimiento planetario aparentan ser las únicas que presentan problemas. Sin embargo, los aristotélicos también tendrían inconvenientes. En el año 1572 los astrónomos observaron la aparición de un nuevo cuerpo celeste, inicialmente de gran brillo (en nuestros días esto se llama “estrella Nova”). Este cuerpo fue apagando su brillo progresivamente hasta desaparecer en 1574. ¿Qué inconveniente presentaba esta observación? De acuerdo con los cálculos realizados por los astrónomos este cuerpo celeste estaba en la región celeste del universo aristotélico. Esto quería decir que en esta región había cambios, lo que contradecía la hipótesis de la física aristotélica sobre la inmutabilidad de aquella región. En esa época se conocían otros astros que aparecían y desaparecían, tales como cometas o meteoritos, pero los geocentristas sostenían que estos astros estaban en la región sublunar.

Es interesante notar que Copérnico formuló una nueva teoría del movimiento planetario, pero no una nueva física. Esto le trajo algunos problemas ya que su teoría no era fácil de articular con la física aristotélica. Así como el ángulo de paralaje fue un problema asociado con el movimiento de traslación de la Tierra alrededor del Sol, hubo contradicciones con la física aristotélica cuando se consideraba la rotación de la Tierra sobre su eje. De acuerdo con la física aristotélica los cuerpos ‘pesados’ tienen su lugar natural en el centro de la Tierra y por lo tanto al soltar una piedra desde cierta altura sobre la superficie, ésta cae siguiendo una trayectoria recta hacia el centro de la esfera terrestre. Es decir que la piedra sigue una trayectoria radial (siguiendo un radio de la esfera). Una experiencia sencilla pone de manifiesto el problema de incompatibilidad entre la física aristotélica y la rotación terrestre: supongamos que se suelta una piedra desde lo alto del obelisco hacia su lado oeste. De acuerdo con la física aristotélica cae radialmente hacia el centro de la tierra. Pero si la tierra rota de oeste a este, entonces mientras la piedra cae, el obelisco se movió hacia el este y por la tanto la piedra caería a cierta distancia de la base del obelisco. Cuando observamos qué ocurre con la piedra, sin embargo, cae en la base del obelisco, en ningún momento de su caída se aleja de la pared oeste. Hay dos respuestas posibles para esto: o bien la Tierra no se mueve o bien se mueve, pero el movimiento de caída de la piedra no es tan simple como lo que indica la física aristotélica. Un problema como éste se planteó en la época de Galileo Galilei. Los geocentristas usaban esto para sostener que la Tierra estaba quieta, pero Galileo propuso una solución para este problema manteniendo la rotación terrestre: sostuvo que la piedra comparte el movimiento de la tierra (y por lo tanto del obelisco o de la torre que se use para hacer la experiencia). De esa forma, la piedra, a medida que cae sigue el movimiento de la torre manteniéndose siempre a la misma distancia de ella (ver figura).



Pero la solución propuesta por Galileo era, en el fondo, abandonar o reformular la física aristotélica. La nueva cosmología heliocéntrica requería de una nueva física con la cual se articularía. Esta nueva física la comenzó a desarrollar Galileo y la completó Newton en la segunda mitad del siglo XVII. Junto con el desarrollo de la mecánica (su teoría física) Newton brindó una cosmología que se parecía bastante a la de Copérnico (con las modificaciones de Kepler) para nuestro sistema planetario. Tenía, sin embargo, diferencias importantes. La física era la misma para todo el universo que, a diferencia de lo propuesto por Aristóteles (y por Copérnico), era infinito y tenía zonas vacías. Los planetas describían órbitas elípticas alrededor del Sol pero éste no era el centro del universo. El Sol era sólo el centro de nuestro sistema planetario en la cosmología de Newton, la que admite la posibilidad de encontrar en el universo otros sistemas planetarios con su correspondiente "Sol". Tengamos en cuenta que si el universo es infinito no tiene sentido pensar en un centro. El universo ideado por Copérnico sí admite centro pues es finito; no debemos olvidar que Copérnico sostenía aún algunas de las ideas de Aristóteles, así, en su universo no había vacío ni materia infinita, por lo tanto, no era posible que fuera infinito.

Cosmologías actuales

Como hemos visto, ante la pregunta sobre cómo es el universo, las respuestas han sido muy diversas según las épocas y las culturas en las que fijemos nuestra atención. En particular cabe preguntarse si el universo comenzó en algún momento o existió siempre. Ante esta última pregunta Aristóteles suponía la existencia eterna mientras que Newton seguía la tradición de la creación del universo en algún momento. Esta diferencia se ha transmitido de una u otra forma hasta nuestros días en los que todavía existen sostenedores de una teoría del universo eterno y, en algún sentido, invariable: teoría del universo estacionario, mientras que la mayoría de los científicos se inclinan por la idea de que el universo tuvo un comienzo en un instante dado. Se trata de la teoría del Big Bang. La novedad consiste en que este comienzo ya no se liga con ninguna idea a favor ni en contra de cualquier tradición de un ser creador. La teoría no se expide sobre tal tema. La teoría del Big Bang (Gran Explosión) sostiene que el universo debe haber comenzado, y con él, el tiempo y el espacio, hace alrededor de 15.000 millones de años sin agregar ninguna hipótesis sobre la existencia de un creador.

La teoría del Big Bang

Pero ¿a partir de cuáles observaciones los científicos optaron por una idea tan particular como la de que el universo se creó "explotando" en aquel instante? En 1929, el investigador Edwin Hubble (astrónomo estadounidense) había sugerido que el universo estaba en expansión: "hacia donde miremos, las galaxias más distantes se están alejando de nosotros". Las observaciones con las que contamos hasta el momento confirman que el alejamiento mutuo de las galaxias es más pronunciado cuanto más separadas están estas galaxias. Esto tiene el

aspecto del resultado de una explosión del pasado y de allí el nombre de la teoría. Sin embargo, los detalles que son necesarios suponer para dar cuenta de tales observaciones incluyen varios aspectos poco intuitivos. Para comenzar, no parece que fueran las galaxias que se alejaran viajando por el espacio, sino que es el espacio mismo el que se expande y con ello da lugar al alejamiento observado. Algo así como la manera como se alejarían, unas de otras, las pintitas de un globo de lunares a medida que lo inflamos.

A partir de estas consideraciones parece intuitivo querer "rodar la película hacia atrás" y calcular en qué momento todo el universo estaba concentrado en un punto. En ese momento debe haber comenzado todo a partir de una explosión. Pero en esa explosión también comenzó el tiempo, de modo que no tiene ningún sentido preguntarse sobre lo que hubo antes del Big Bang como no tiene sentido preguntarse qué hay al sur del polo sur ya que cualquiera que sea el movimiento que hagamos sobre la superficie de la Tierra en el Polo Sur estaremos moviéndonos en dirección hacia el norte.

Igualmente, cualquier intervalo de tiempo que podamos imaginarnos respecto del instante del Big Bang deberá ser de ese instante en adelante.

Ahora bien, si toda la energía del universo actual alguna vez estuvo concentrada en un punto, los científicos creen que la forma en que se manifestaba tal energía no debía ser como se presenta ahora en forma de partículas y radiación, sino que sólo podría haber habido radiación. A medida que el espacio se expandía, la energía se "desparramaba" de modo que su densidad disminuía. Habrá llegado un momento en que la energía por unidad de volumen era suficientemente baja como para que las partículas y antipartículas que se formaran a partir de esa energía no se volvieran a transformar en radiación. En ese momento las partículas comenzaron a ser estables. Dicho de otro modo, los choques entre fotones crearon partículas, y estas partículas chocaban con menos energía de la necesaria para desintegrarse en fotones. De este modo una vez creadas las partículas, parte sustancial de ellas permaneció sin transformarse en radiación. Sin embargo, aquella época prolífica de creación de partículas no duró para siempre. El espacio siguió expandiéndose y con ello la energía por unidad de volumen siguió bajando, la temperatura siguió bajando. Esto significó que los choques entre fotones ya no fueron tan energéticos y entonces ya no se crearon tantas partículas como antes. El universo había obtenido un equilibrio entre la radiación existente y las partículas que de ella habían surgido.

Con la aparición de las partículas se hizo más evidente la fuerza de atracción gravitatoria. Esto provocó que las partículas se fueran agrupando en grandes nubes y a su vez que esas nubes siguieran compactándose por la fuerza atractiva hasta formar galaxias y estrellas. Esa fuerza de atracción también hace que las distintas partes masivas del universo se atraigan de modo que se reduzca en parte el efecto expansivo del espacio. La pregunta que la ciencia se hace todavía es si la atracción gravitatoria podrá reunir nuevamente toda la masa colapsando hacia un punto o la expansión no tendrá freno y los cuerpos se alejarán unos de otros indefinidamente hasta no interaccionar nunca más.

La radiación de fondo cósmico

El haber observado el alejamiento de las galaxias como lo describimos anteriormente dio pie a la conjetura de un universo en expansión. Pero el hecho de que supusiéramos una gran explosión en sus comienzos no había sido corroborado por ninguna otra observación independiente de tal alejamiento. En 1964, los radioastrónomos Arno Penzias y Robert Wilson detectaron (sin buscarlo) una radiación cuya intensidad y frecuencia no tenía variación respecto de la zona del espacio que escudriñaran. Esta radiación de fondo fue interpretada rápidamente como la radiación remanente de aquella supuesta explosión y se la conoce con el nombre de "radiación de fondo cósmico". Ahora una nueva evidencia fortalecía la hipótesis

del Big Bang. El universo había continuado su expansión y con ello la temperatura seguía bajando. Era de esperar que el Universo tuviera una radiación típica de la temperatura a la que había llegado en esta época y ésa era la radiación de fondo. Así como una brasa ardiente irradia calor, el universo ya bastante enfriado irradia en la frecuencia que Penzias y Wilson detectaron. El universo irradia en una frecuencia típica de los cuerpos que se encuentran a 270 grados centígrados bajo cero. Esto sólo quiere decir que, así como el Sol irradia en frecuencias que nos indican temperaturas de miles de grados, el universo contiene radiación en frecuencias e intensidades tales que corresponderían a esas temperaturas tan bajas.

Cuando se propuso la idea de que toda la energía estaba concentrada en un punto en el momento de la explosión y que el espacio comenzó a expandirse de forma homogénea, apareció uno de los obstáculos para la teoría del Big Bang. ¿Cómo podría el espacio expandirse de forma homogénea y a su vez dar como resultado que en algunas zonas hubiera galaxias y en otras no? Debía haber alguna inhomogeneidad desde el comienzo. Pero la radiación del fondo cósmico parecía ser estrictamente constante no importando a qué zona del espacio apuntáramos los radiotelescopios. Con la intención de investigar en forma más detallada esta radiación, se creó un satélite especialmente diseñado para analizar tales frecuencias. En marzo de 1992, el COBE (Cosmic Background Explorer: Explorador del fondo cósmico) registró y envió a la Tierra numerosas informaciones y datos de microondas que confirman la idea de que hubo pequeñas inhomogeneidades desde tiempos remotos y que estas diferencias mínimas pudieron dar lugar a que hubiera zonas con materia y zonas sin materia. Este descubrimiento resolvió una de las dificultades que había enfrentado la teoría, y al hacerlo dio un nuevo impulso a la misma.

Efecto Doppler y la 'observación' del alejamiento de las galaxias

Cuando una fuente de sonido se acerca al observador, éste percibe un sonido levemente más agudo que el que percibiría si la fuente estuviera en reposo. Si en cambio la fuente de sonido se aleja de él, el efecto será que el sonido parece más grave. Este efecto nos es familiar ya que lo hemos notado en distintas ocasiones, pero sin describirlo detalladamente. Son ejemplos de este efecto del sonido la variación (en frecuencia) en el sonido del motor de un auto dc carrera cuando pasa frente a nosotros (o frente a la cámara de TV); el sonido del silbato del tren que parece más agudo cuando viene que cuando se va; el sonido de los aviones que se acercan y luego de pasar cerca nuestro se alejan y el sonido de las sirenas de las ambulancias.

Este 'efecto Doppler' se podría resumir en que el sonido parece más agudo si la fuente emisora se acerca y más grave, si se aleja. Pero más agudo o más grave respecto del sonido de la fuente emisora en reposo. Podríamos decir que el sonido presenta un 'corrimiento' de frecuencias: hacia el agudo en el primer caso o hacia el grave en el segundo.

Cuando se analiza la luz que proviene de las galaxias lejanas se encuentra que su frecuencia no coincide con la esperada, sino que presenta un corrimiento hacia frecuencias menores. Esto se interpreta, como lo hacíamos en el caso del sonido, como un alejamiento de la fuente de emisión. De allí la sugerencia de Hubble de que las galaxias se alejan unas de otras ya que todas las galaxias lejanas estudiadas presentan este corrimiento hacia frecuencias menores. Tales observaciones no deben interpretarse como si nuestra galaxia estuviera en el centro de la expansión ya que los distintos cálculos de las velocidades junto con la teoría física actual indican que desde cualquier galaxia se observaría que las demás se alejan de ella. De allí la hipótesis de la expansión del universo.

Como las frecuencias más bajas del espectro visible corresponden al color rojo, este efecto que presentan las galaxias lejanas (de que su luz presenta una frecuencia menor que la esperada) se ha llamado "corrimiento al rojo". Podríamos decir que todas las galaxias lejanas

investigadas mostraron corrimiento al rojo y que esto indica (nos hace suponer) que se alejan de nosotros.

El universo estacionario

Son pocos los científicos que se inclinan a favor del modelo de universo estacionario. Este modelo describe un universo en expansión continua tal cual la que se infiere a partir del alejamiento de las galaxias, pero con la característica de que la densidad de partículas del universo permanece constante. Esto significa que al expandirse el espacio se deberán crear partículas de modo de mantenerse la cantidad de materia por unidad de volumen (en forma global). Según este modelo, el universo se expandiría y a la vez se crearía materia de modo que una zona del espacio siempre presentaría el mismo aspecto, no importa en qué época nos fijáramos. Con ello se puede sostener la idea de que el universo no fue creado ni que apareció en algún instante. No tiene sentido en este modelo descriptivo preguntarse a partir de cuándo existe el universo. Este existió siempre y siempre existirá con el mismo aspecto: expansión y creación de partículas en el vacío de modo que se mantenga constante la densidad de aquéllas.

El modelo estacionario da perfecta cuenta del alejamiento de las galaxias, pero tuvo que enfrentar una acomodación al descubrirse la radiación de fondo que corroboraba fuertemente la teoría del Big Bang. Esta acomodación consistió en sugerir que tal radiación podía provenir de las nubes de polvo existentes en el universo que absorberían la radiación de las estrellas y la reemitirían en la frecuencia observada del fondo cósmico. Sin embargo, no queda explicado totalmente el hecho de que la radiación de fondo no varía en las distintas direcciones de observación.

De este modo la teoría del universo estacionario sobrevivió al descubrimiento de Penzias y Wilson, pero no sin ajustes.

Asistimos ahora a otra fuerte confirmación de la teoría del Big Bang como lo es el descubrimiento de las irregularidades que dieron lugar a que el universo fuera inhomogéneo. Los defensores del modelo de universo estacionario deberán ahora ajustar nuevamente su teoría si quieren sostenerla y a la vez dar cuenta de estas nuevas evidencias.

Una característica importante de este último descubrimiento es que los defensores de la teoría del Big Bang habían anticipado que de ser correcta la teoría deberían encontrarse tales inhomogeneidades en la radiación de fondo, mientras que tales rasgos no se desprendían de la teoría del modelo estacionario. De este modo, al obtener los resultados predichos, la teoría del Big Bang obtiene credibilidad mientras que los arreglos que sufra la teoría del universo estacionario hacen que su credibilidad descienda.

La teoría del Big Bang cuenta con el apoyo de la comunidad científica. Ahora quedan por investigar los aspectos que se derivan de tal teoría como son si el universo seguirá en expansión indefinidamente o se volverá a aglomerar la energía en un punto, cuáles fueron las condiciones por las que se formaron las inhomogeneidades desde los albores de la expansión, y tantas otras implicancias que la teoría nos presenta.

Hemos recorrido un largo camino desde que en la antigüedad se pensaba al universo con un tamaño finito y fijo, sin vacío, sin expansión, sin comienzo ni fin y con un movimiento eterno. En cada etapa de ese camino creíamos haber dado con la teoría adecuada. La aventura de la ciencia es no saber cuál es el camino que todavía nos queda por recorrer en el conocimiento de nuestro universo.